

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-085590

(43)Date of publication of application : 20.03.2003

(51)Int.Cl.

G06T 17/40  
G06F 3/00  
G06F 3/033

(21)Application number : 2001-277688

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 13.09.2001

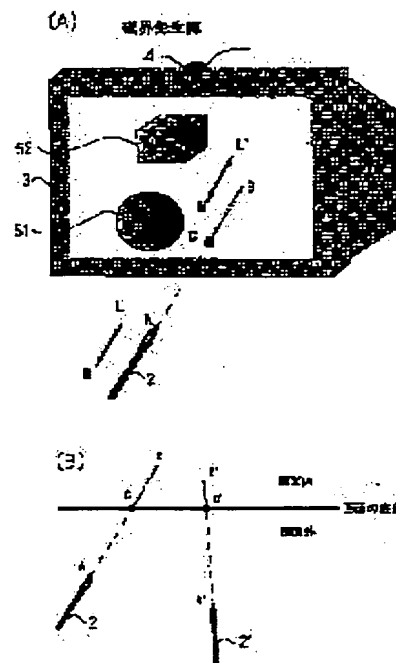
(72)Inventor : SHIRAI YOSHINARI

(54) METHOD AND DEVICE FOR OPERATING 3D INFORMATION OPERATING PROGRAM,  
AND RECORDING MEDIUM THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a simple and intuitive input and operating means for 3D expression on a 2D display.

SOLUTION: In selecting and operating 3D objects 51, 52 within a virtual space 2D displayed on a screen of a display 3, a 3D position and an inclination for a screen for a rod-shaped position sensor (pen 2) used by a user as an input instrument are detected. A virtual tool (C-B) is displayed within the screen in such a direction that the tip of the pen 2 is extended. The virtual tool is moved according to the movement of the pen 2, and the 3D objects 51, 52 are selected or operated by the virtual tool.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-85590  
(P2003-85590A)

(43) 公開日 平成15年3月20日 (2003.3.20)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 0 6 T 17/40		G 0 6 T 17/40	C 5 B 0 5 0
G 0 6 F 3/00	6 3 0	G 0 6 F 3/00	6 3 0 5 B 0 8 7
3/033	3 1 0	3/033	3 1 0 Y 5 E 5 0 1
	3 2 0		3 2 0

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2001-277688(P2001-277688)

(22) 出願日 平成13年9月13日 (2001.9.13)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 白井 良成

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 100087848

弁理士 小笠原 吉義 (外2名)

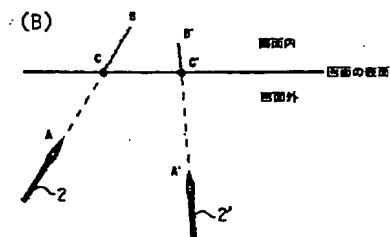
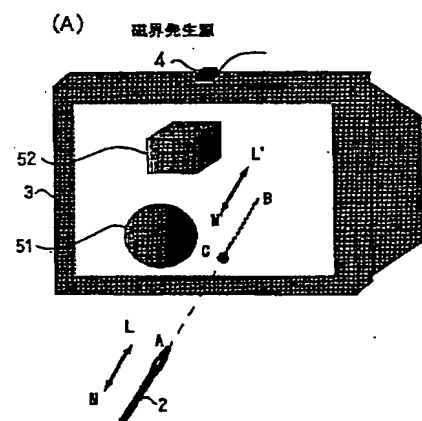
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元情報操作方法およびその装置、3次元情報操作プログラムならびにそのプログラムの記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 2次元ディスプレイ上での3次元表現に対する簡易でかつ直感的な入力・操作手段を提供する。

【解決手段】 ディスプレイ3の画面に2次元表示された仮想空間内の3次元オブジェクト51, 52を選択、操作する際に、ユーザが入力器具として使用する棒状位置センサ(ペン2)の画面に対する3次元位置と傾きを検出し、ペン2の先端を延長した方向の画面内に仮想的な道具(C-B)を表示し、ペン2の動きに合わせて仮想的な道具を動かし、この仮想的な道具によって3次元オブジェクト51, 52選択または操作する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 2次元表示された3次元情報を有するオブジェクトを選択、操作するための方法であって、3次元位置と傾きとを特定できる入力器具から、その入力器具の画面に対する位置と傾きとを取得する過程と、取得した位置と傾きとをもとに、前記入力器具の先端から延長した方向の画面内の位置に仮想的な道具を表示する過程と、前記入力器具の動きを検出して仮想的な道具を動かすことにより、3次元情報を有するオブジェクトを選択または操作する過程とを有することを特徴とする3次元情報操作方法。

【請求項2】 請求項1記載の3次元情報操作方法において、前記仮想的な道具を表示する過程では、あらかじめ前記仮想的な道具に関する長さを指定させ、前記入力器具の先端から、前記入力器具の長手方向に延長した方向と画面とが交差する位置までの距離と、前記入力器具の長手方向に延長した方向と画面とが交差する位置から、画面内に表示された仮想的な道具の先端までの距離とを合わせた見かけ上の長さを、前記指定された長さに保つように、仮想的な道具を表示することを特徴とする3次元情報操作方法。

【請求項3】 2次元表示された3次元情報を有するオブジェクトを選択、操作するための方法であって、画面における操作対象の3次元情報を有するオブジェクトを選択するための仮想的な道具を選択する過程と、操作対象の前記オブジェクトを選択する過程と、少なくとも3次元位置を特定できる入力器具から、その入力器具の画面に対する位置または画面に対する位置と傾きとを取得する過程と、取得した位置の情報または位置と傾きの情報に基づき、前記選択した仮想的な道具を画面内の仮想的な3次元空間内で動かす過程と、前記仮想的な道具と前記選択したオブジェクトとの位置関係を算出する過程と、前記仮想的な道具と前記選択したオブジェクトとの位置関係によって、当該3次元情報を有するオブジェクトに対する操作を決定する過程とを有することを特徴とする3次元情報操作方法。

【請求項4】 2次元表示された3次元情報を有するオブジェクトを選択、操作するための方法であって、少なくとも3次元位置を特定できる入力器具から、その入力器具の画面に対する位置または画面に対する位置と傾きとを取得する過程と、前記入力器具の先端と画面表面とを最短に結ぶ線分を、前記入力器具の先端と画面表面とを最短に結ぶ線分と同じ長さだけ画面内に延長した位置を、画面に表示される3次元空間の位置を示すポイントとする過程と、このポイントを用いて前記3次元情報を有するオブジェクトを選択または操作する過程とを有することを特徴とする3次元情報操作方法。

【請求項5】 2次元表示された3次元情報を有するオブジェクトを選択、操作するための方法であって、3次元位置と傾きとを特定できる入力器具から、その入力器

具の画面に対する位置と傾きとを取得する過程と、前記入力器具の先端と、前記入力器具の長手方向に延長した方向と画面とが交差する位置との距離と同じ距離だけ、前記入力器具の長手方向に延長した方向と画面とが交差する位置から画面の内部に延長した位置を、画面に表示される3次元空間の位置を示すポイントとする過程と、このポイントを用いて前記3次元情報を有するオブジェクトを選択または操作する過程とを有することを特徴とする3次元情報操作方法。

【請求項6】 請求項1から請求項5までのいずれかに記載の3次元情報操作方法において、前記入力器具として振動子を内蔵する入力器具を用い、前記3次元情報を有するオブジェクトの選択または操作に対して、前記入力器具に付属の振動子を振動させることにより、選択または操作結果の触覚フィードバックを行うことを特徴とする3次元情報操作方法。

【請求項7】 2次元表示された3次元情報を有するオブジェクトを作成する操作のための方法であって、3次元位置と傾きとを特定できる入力器具から、その入力器具の画面に対する位置と傾きとを取得する過程と、前記入力器具からの入力情報に基づいて2次元オブジェクトを画面の表面に描画する過程と、描画された2次元オブジェクトの面、辺または点などの一部分の指定情報を入力する過程と、前記入力器具が画面から離れたときの軌跡または線分に沿って、指定された2次元オブジェクトをスワイプし、3次元情報を有するオブジェクトを作成する過程とを有することを特徴とする3次元情報操作方法。

【請求項8】 請求項7記載の3次元情報操作方法において、前記指定された2次元オブジェクトをスワイプし、3次元情報を有するオブジェクトを作成する過程では、前記入力器具の傾きの変化に応じてスワイプさせている平面、辺または点を含む一部分を傾けながら、指定された2次元オブジェクトをスワイプし、作成する3次元情報を有するオブジェクトの形状を決定することを特徴とする3次元情報操作方法。

【請求項9】 2次元表示された3次元情報を有するオブジェクトを選択、操作する3次元情報操作装置であって、3次元位置と傾きとを特定できる入力器具と、前記入力器具の3次元位置と傾きとを検出する手段と、前記オブジェクトを選択または操作するための仮想的な道具に関する情報を記憶する道具情報記憶手段と、前記道具情報記憶手段に記憶されている仮想的な道具を選択する手段と、前記入力器具の位置と傾きとをもとに画面内に表示する仮想的な道具の位置を計算する手段と、計算した位置に前記仮想的な道具を表示する手段と、前記仮想的な道具と画面に表示された3次元情報を有するオブジェクトとの位置関係により、当該オブジェクトを選択または操作する手段とを備えることを特徴とする3次元情報操作装置。

【請求項10】 請求項9記載の3次元情報操作装置において、前記仮想的な道具の位置を計算する手段は、実空間座標系から画面に表示する仮想空間座標系への変換行列を持ち、前記入力器具の先端から延長した方向の画面内の位置を、表示する仮想的な道具の位置とすることを特徴とする3次元情報操作装置。

【請求項11】 請求項9記載の3次元情報操作装置において、前記仮想的な道具の位置を計算する手段は、実空間座標系と画面に表示する仮想空間座標系とを画面を界面として連結し、画面に対して前記入力器具の位置と面対象の位置を、表示する仮想的な道具の位置とすることを特徴とする3次元情報操作装置。

【請求項12】 請求項9記載の3次元情報操作装置において、前記仮想的な道具の位置を計算する手段は、実空間座標系と画面に表示する仮想空間座標系とを画面を界面として連結し、前記入力器具の先端と、前記入力器具の長手方向に延長した方向と画面とが交差する位置との距離と同じ距離だけ、前記入力器具の長手方向に延長した方向と画面とが交差する位置から画面の内部に延長した位置を、表示する仮想的な道具の位置とすることを特徴とする3次元情報操作装置。

【請求項13】 請求項9から請求項12までのいずれかに記載の3次元情報操作装置において、前記入力器具は触覚フィードバックを行うための振動子を内蔵し、前記オブジェクトを選択または操作する手段は、前記3次元情報を有するオブジェクトの選択または操作に対して、前記入力器具に付属の振動子を振動させる手段を持つことを特徴とする3次元情報操作装置。

【請求項14】 請求項1から請求項8までのいずれかに記載の3次元情報操作方法を実現するステップを、コンピュータに実行させるための3次元情報操作プログラム。

【請求項15】 請求項1から請求項8までのいずれかに記載の3次元情報操作方法を実現するステップを、コンピュータに実行させるためのプログラムを記録したことを特徴とする3次元情報操作プログラムの記録媒体。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、2次元ディスプレイ上に投影された3次元表現の奥行き認識および入力、操作に関する技術に係わり、特に、仮想空間内の3次元オブジェクトを選択、操作するための3次元情報操作方法およびその装置、3次元情報操作プログラムならびにそのプログラムの記録媒体に関するものである。

【0002】本発明は、実世界の行為を模倣することによる、2次元ディスプレイ上の情報の3次元表現の認識の補助と、3次元オブジェクトの操作、実数値による3次元オブジェクトの作成を可能とする。

【0003】以下、本明細書の理解を容易にするために、本明細書で用いている用語を簡単に説明する。・タ

ップ：画面上の一点を触ることをいう。・HMD (Head Mounted Display)：眼鏡型のディスプレイである。・直接操作：ポインタを介さずに画面上のオブジェクトを直接ペンや指で触り、操作する方式をいう。・間接操作：ポインタを用い、間接的に画面上のオブジェクトを操作する方式をいう。・仮想空間：ディスプレイ内部の計算機が定義する空間である。・実空間：ディスプレイ外部の我々が実際に存在する空間である。

##### 【0004】

【従来の技術】計算機の性能の向上と3次元ビジュアライゼーション技術の発展に伴い、今後一般の人々がコンピュータを用いて3次元コンテンツに触れる機会が増えていくと考えられる。例えば、インフォメーションビジュアライゼーションの研究領域では、古くから、ディレクトリ構造やプログラムソースコードの3次元視覚化により、利用者にわかりやすく情報を提示する研究が行われてきた。また、自動車、建築などの世界では、CAD/CAMを用いて、自動車や家の3次元モデルを構築し、デザインの検証や、ユーザに対しての説明に用いられたりしている。

【0005】これらの3次元グラフィックスは、2次元グラフィックスと比較して、対話的に視点を移動できるというメリットがある。また、3次元仮想空間を用いたコンテンツも増大している。ゲームの世界では、ゲーム機の性能の向上により、3次元グラフィックスを利用したものが多く見られるようになり、また、バーチャルモールやデジタルシティなどでも、3次元空間が利用されている。

【0006】このように、一般の人々が今後さまざまな3次元コンテンツに接する機会が増えると考えられ、3次元コンテンツを把握し、操作、加工するためのインタフェースが研究されている。

【0007】現在、ポインティングデバイスとして一般的に用いられているマウスは、平面的な動きを目的とした入力インタフェースであり、3次元コンテンツを操作、加工するには必ずしも適しているとは言えない。そこで、バーチャルリアリティの世界では、3次元入力装置の研究が進められている。

【0008】データグローブは、特殊なセンサーを手に装着し、手の動き、指の曲がり等を計測することにより3次元入力を可能とする[参考文献1]。

【0009】また、空間センサを用いた方式もある。ポヒマスセンサは磁気を用いて、センサの空間内の位置を把握する[参考文献2]。また、MAGELLANは従来のマウスと併用して利用することで、非装着に3次元操作を可能とした[参考文献3]。その他にもEGG [参考文献4]、SPIDAR [参考文献5]、Rockin' Mouse [参考文献6]、PadMouse [参考文献7]等、さまざまな3次元入力インタフェースが考案されている。

## 【0010】【参考文献】

【参考文献1】<http://www.tradepia.or.jp/nevc/advanced/vr/cyberglv.htm>

【参考文献2】<http://www.tradepia.or.jp/nevc/advanced/vr/vr2.htm>

【参考文献3】<http://www.tradepia.or.jp/nevc/advanced/magellan/>

【参考文献4】Zhai, S.: Human Performance in six degree-of-freedom input control, Ph.D. Thesis. Department of Industrial Engineering, University of Toronto, 1995. ([http://vered.rose.utoronto.ca/people/shumin\\_dir/papers/PhD\\_Thesis/top\\_page.html](http://vered.rose.utoronto.ca/people/shumin_dir/papers/PhD_Thesis/top_page.html))

【参考文献5】佐藤誠：ハプティックインタフェース SPIDAR, <http://sklab-www.pi.titech.ac.jp/msato/spidar.pdf>

【参考文献6】Balakrishnan, R., Baudel, T., Kurtenbach, G., & Fitzmaurice, G.: The Rockin' Mouse: Integral 3D manipulation on a plane, Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '97), pp. 311-318, 1997.

【参考文献7】Balakrishnan, R. & Patel, P.: The PadMouse: Facilitating selection and spatial positioning for the non-dominant hand, Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '98), pp. 9-16, 1998.

今後、一般の人々を対象とした簡単で直感的な3次元コンテンツの操作、入力可能なデバイスがますます必要になってくると考えられる。

【0011】一方、パーソナルコンピュータの市場では、現在ペン型インタフェースが注目されている。液晶タブレットに直接ペン型入力装置を用いて入力するスタイルは、画面への直接入力が可能であり、利用者にとってわかりやすく、一般に浸透していくと考えられている。そこで、ペンを利用した入力手法が多数考案されている。例えば、下記の参考文献8では、ペンの傾きを利用した入力手法が提案されている。

【参考文献8】黒木剛，川合慧：ペンの傾き情報を利用した入力法，インタラクティブシステムとソフトウェア VII, 近代科学社，pp. 1-6, 1999.

今後、ペン型インタフェースを利用した2次元ディスプレイに対する3次元入力方式が必要になると考えられる。

## 【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来の技術には、以下のような問題点が指摘できる。

【0013】上記の入力装置はポインタを利用した間接入力装置であり、ユーザに対してポインティング対象を間接的にしか操作できないという印象を与える。人は、マウスを動かすとどのようにポインタが動くかということを、使用していくうちに経験として認識する。

【0014】しかし、3次元入力装置の場合、経験として認識することが2次元入力装置に比べ困難である。以下の参考文献9では、3次元入力装置による3次元仮想空間内のポインティング実験を行い、3次元入力においてもfittsの法則が一部適応可能であることを指摘しているが、実験回数を重ねることによる習熟効果に統計的な有意差は認められず、3次元空間でのポイント操作が慣れにくいことを指摘している。

【参考文献9】森健一，森本一成，黒川隆夫：仮想空間における3Dマウスによるポインティング特性，ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集，Vol. 14, pp137-142, 1998.

この原因の一つとして、現在の3次元コンテンツの表示装置の多くが、2次元ディスプレイであるという点がある。2次元ディスプレイでは、3次元のコンテンツを2次元にマッピングしているため、奥行き方向の距離感がつかみにくくなってしまふ。このため、3次元入力装置の入力を反映したポインタの動きが、実際にはどの程度動いたのか視覚的に読み取りづらい。例えば、ある人が3次元入力装置にある力を加えポインタを動かしたときに、ポインタが横にちょっと動いただけなのか、奥行き方向に大きく動きながら少しだけ横にスライドしたのかを判断するのは難しい。

【0015】また、従来の3次元入力装置は、画面と独立して存在するため、3次元入力装置のXYZ軸と画面内のXYZ軸をユーザが各自対応付ける必要があった。2次元マウスを利用した場合、ユーザがマウスを操作することにより、これらの対応付けは無意識のうちに頭の中で行われるが、次元数が増えることにより、この対応付けは難しくなる。

【0016】ギブソンによれば、人間は空間を認識する際に、変化の中から不変な部分を見つけるということを行っている【参考文献10】。

【参考文献10】佐々木正人：アフォーダンス 新しい認知の理論，岩波書店，1994.

そのため、眼や頭を小刻みに動かしたり、空間内のオブジェクトを動かしたりすることで、空間内の不変項を見出す。しかし、2次元ディスプレイ内の映像は、眼や頭の動きによって、見え方は変わらないだけでなく、映像を操作する道具を上手く操作できないため、空間内の不変項の発見が難しくなっているのではないかと考えられる。

【0017】このような、ポインタに関する問題に対し、2次元コンテンツの世界では、ダイレクトポインティングが用いられている。画面に対して、ペンや指を用いることにより、ポインタの動きを意識することなく入力できる。しかし、3次元コンテンツの世界では、画面の奥行き方向にあるものを、ペンや指で直接ポインティングすることはできない。

【0018】3次元のコンテンツを直接ポインティング

するためには、透過型のHMDを利用して実際の手の位置に3次元オブジェクトを重ねて表示する方法を挙げることができる。この方式では、オブジェクトに対する直接操作が可能となり、3次元空間の認識も容易となる。また、HMDによつては、右眼、左眼に異なる映像を見ることが可能なため、両眼視差を用いた立体視も可能となり、奥行き認識が2次元ディスプレイに表示した場合に比べスムーズになる。しかし、HMD等を用いた方式は、現段階では位置合わせの問題やHMDを用いることによる疲れ（酔い）の問題があるなど、多くの技術的課題が存在する。

【0019】そのため、2次元ディスプレイ上での3次元表現に対する簡易な操作手法が望まれている。

【0020】

【課題を解決するための手段】そこで、上記の問題点を解決する方法として、道具メタファを用いたダイレクトポインティング手法を発明した。実生活の中でも、触れられない、触れたくないという状況は多々存在する。例えば、高いところにある柿に手が届かない、池の中に落ちたボールに手が届かない、沸騰した油の中にある揚げ物に触れることができないなどである。このような場合、人間は、さまざまな道具を使って問題を解決する。例えば、前述の例では、棒を使って柿を落としたり、捕虫網を使ってボールをすくったり、菜ばしを使って揚げ物を掴むことで解決される。また、これらの道具は3次元空間の認識にも用いられる。例えば、沼地やプールでは、光の屈折のために水上からは深さが掴みにくい。そのため、その場にある棒などを用いて水中をつつくことにより、水に触れずに3次元空間の特徴を掴むことができる。

【0021】そこで、2次元ディスプレイの表面を、触れられる場所と触れられない（触れたくない）場所の境界と捉え、触れられない場所にあるものを道具を用いて操作する手法を提案する。例えば、2次元ディスプレイの表面を水面、奥行きを水中と考えるとわかりやすい。現実世界では、光の屈折作用によって、水中の奥行き感、実際には水上から見ただけでは掴みにくい場合が多い。そこで、現実世界では、棒を突っ込んだりして、深さや目的の物までの距離を掴むという動作がよく行われる。同じように、奥行きが掴みにくい2次元ディスプレイ内のオブジェクトを、棒や網、糸を用いて操作する。

【0022】人間は、濡れたくない状況で水中のものを操作するときに、釣り糸を操って魚を捕まえたり、網ですくったり、棒でつついたり、挟んだりとさまざまなことをする。これらの行為を模倣することにより、直感的な操作を可能とする。

【0023】具体的には、本発明は、コンピュータディスプレイ上に2次元表示された3次元オブジェクトを、コンピュータに接続された例えば棒状（ペン型）位置センサと、このセンサの位置を測定する手段を用いて、画

面に表示された3次元仮想空間において、ユーザが棒状位置センサにより操作している位置を表示し、コンピュータ内の3次元オブジェクトを直感的または簡易に操作することを可能にしている。すなわち、本発明では、3次元位置と傾きとを特定できる棒状位置センサ等の3次元位置入力器具の操作位置を、コンピュータ上に操作に応じて表示する。

【0024】また、本発明では、棒状位置センサ等の3次元位置入力器具が、ディスプレイの表面と奥行きを常に軸として操作されるようにする。このため、操作方法が常に一定であり、3次元位置入力器具と画面内の軸との一致を考慮する必要がない。

【0025】

【発明の実施の形態】以下に、図面を参照しながら本発明の実施の形態を説明する。

【0026】〔実施の形態1〕本実施の形態では、3次元位置センサ（磁気センサ、超音波センサ、Position Sensing devise、カメラなど）を利用する。ここでは、磁気センサを用いた例を説明する。

【0027】図1に、実施の形態1に係る装置の構成例を示している。処理装置1は、CPUおよびメモリなどからなる装置である。センサとしては、棒状位置センサであるスタイラスレシーバ（以下、ペンと呼ぶ）2を用い、ディスプレイ3上に、磁界発生源4を固定する。ペン2には、ボタンが付いているものとする。これにより、処理装置1の位置・傾き検出手段10は、ペン先の3次元位置と3軸の傾きが読み取れる。磁界発生源4およびペン2のようなセンサを用いる方法に限らず、3次元位置および3軸の傾きの計測方法については、既知の技術であり、各種の計測方法が知られているので、ここでの各種の計測方法についての詳細な説明は省略する。

【0028】また、3次元位置センサの他に、ディスプレイ3がタッチパネルになっていると、画面をペン2でタップしたときに、3次元位置センサと画面上の位置との位置合わせが行えるため、本実施の形態では、ディスプレイ3の画面がタッチパネルになっているものとする。

【0029】処理装置1は、位置・傾き検出手段10、仮想道具情報記憶手段11、仮想道具選択処理手段12、仮想道具位置計算手段13、仮想道具表示処理手段14、3次元オブジェクト管理手段15、オブジェクト選択・操作手段16を備える。これらの各処理部は、ソフトウェアプログラムやアダプタ等によって構成される。

【0030】位置・傾き検出手段10は、ペン2からの入力によって、3次元位置と傾きとを検出する。仮想道具情報記憶手段11は、仮想空間内の3次元オブジェクトを選択または操作するための仮想的な道具に関する情報を記憶するデータベースである。仮想道具選択処理手段12は、位置・傾き検出手段10からの入力または

他のユーザインタフェースによって仮想道具情報記憶手段 11 に記憶されている仮想道具を選択する。

【0031】仮想道具位置計算手段 13 は、位置・傾き検出手段 10 によって検出したペン 2 の位置と傾きとをもとに画面内に表示する仮想道具の位置を計算する。仮想道具表示処理手段 14 は、仮想道具位置計算手段 13 によって計算した位置に、仮想道具選択処理手段 12 によってあらかじめ選択した仮想道具を表示する。

【0032】3次元オブジェクト管理手段 15 は、仮想空間内に存在する3次元情報を有するオブジェクトの位置、形状、色その他の属性情報を管理する手段である。オブジェクト選択・操作手段 16 は、仮想道具と画面に表示された3次元情報を有するオブジェクトとの位置関係により、その3次元オブジェクトを選択または操作する。

【0033】仮想道具位置計算手段 13 が仮想道具の位置を計算するにあたって、あらかじめいくつかの入力モードが用意されており、それによって仮想道具の表示位置が異なる。第1のモードでは、実空間座標系から画面に表示する仮想空間座標系への変換行列を用いて、ペン 2 の先端から延長した方向の画面内の位置を、表示する仮想道具の位置とする。

【0034】第2のモードは、実空間座標系と画面に表示する仮想空間座標系とを画面を界面として連結し、画面に対してペン 2 の位置と面対称の位置を、表示する仮想道具の位置とする。この位置は、画面の表面を鏡と見た場合にペン 2 が映ったように見える位置であり、このモードをミラーモードと呼ぶ。

【0035】第3のモードは、同様に実空間座標系と画面に表示する仮想空間座標系とを画面を界面として連結し、ペン 2 の先端と、ペン 2 の先端から延長した方向と画面とが交差する位置との距離と同じ距離だけ、ペン 2 の先端から延長した方向と画面とが交差する位置から画面の内部に延長した位置を、表示する仮想的な道具の位置とする。

【0036】ペン 2 に振動子を内蔵させ、例えば仮想道具と仮想空間内のオブジェクトとが衝突したような場合に、オブジェクト選択・操作手段 16 により、ペン 2 の振動子を振動させて触覚フィードバックを行うことにより、ペン 2 が実際の道具であるかのような感覚を持たせるような実施も可能である。

【0037】図 2 は、実施の形態 1 の動作説明図である。以下、図 2 に従って本実施の形態の動作の概略を説明する。

【0038】まず、図 2 (A) に示すように、ペン 2 に対応付けする道具を選択する。選択できるものとしては、棒、網（捕虫網）、スプーン、フォークなどを挙げることができる。ここでは、棒を選択したと仮定する。

【0039】次に道具（棒）の長さを設定する。棒の長さを設定する方式として、例えば図 2 (B) に示すよう

に、空間設定方式と2点タップ方式がある。空間設定方式では、画面上の一点をタップし、そこからペン 2 を離し、空間内のある場所でペン 2 のボタンをクリックする。これにより、棒の長さは、画面上のタップした一点と、空間内でボタンをクリックした時のペン先を結ぶ長さに決定される。

【0040】2点タップ方式では、画面内の2点をペン 2 でタップすることで、棒の長さを決定する。もし、設定する棒の長さが画面内に収まる大きさであれば、この2点タップ方式を用いることができる。

【0041】棒の長さを設定することにより、図 1 の処理装置 1 における各処理部は、ペン 2 の延長線上に、設定した長さの棒が伸びているものと認識する。画面にペン 2 を近づけると、棒の先が実空間と仮想空間を分ける境界線（ディスプレイの表面）に接触し、さらに近づけると、3次元映像として、仮想空間内に棒が表示される。

【0042】図 3 で説明する。図 3 において、C 点はディスプレイ 3 の画面表面の点であり、A-C 間が画面外であり、B-C 間が画面内である。A-B 間の距離が設定した棒の長さである。この長さは棒の長さを変えるまで一定である。ペン 2 をペン 2 の傾きを変えないまま C 点方向（図中 L の方向）に接近させていくと、画面内の棒の先端（B 点）もそれに従って L' の方向に移動する。反対にペンを M の方向に移動させると、棒の先端は M' の方向に移動していき、最終的に C 点に到達し、画面内から消失する。ユーザはこのペン 2 を用いて、画面内の3次元オブジェクト 51、52 を操作する。

【0043】図 3 (B) は、上から見た図である。図 3 (B) に示されるように、ペン 2 を動かした A-B 間、A'-B' 間を常に一定に保つことで、ユーザは棒を動かすうちに3次元空間内の距離感が得られる。

【0044】本システムの全体の動作について説明する。システムが立ち上げられると、磁気センサのキャリブレーションを行う。すなわち、ペン 2 を用いた磁気センサから得られる位置情報と画面上の位置との位置合わせを、以下に説明する連絡座標系を用いて行う。

【0045】図 4 は、連絡座標系の説明図である。図 4 のように、本システムには、画面の外側で、磁気センサが定義する実空間座標系と、画面内でオペレーティング・システム (OS) やアプリケーションプログラムが定義する仮想空間座標系の2種類の座標系が存在する。そこで、実空間と仮想空間を結びつける連絡座標系を新たに定義する。連絡座標系は、画面表面上で水平方向を x 軸、垂直方向を y 軸、画面表面に対して鉛直方向を z 軸と定義する。

【0046】磁気センサから得られる実空間座標系の位置情報と画面内の仮想空間位置情報とを画面（表面）上で比較することにより、画面上の点と磁気センサから得られる3次元位置情報との対応付けが可能となる。例え



ば、点Cは連絡座標系では、 $(a'', b'', 0)$ となる。

【0047】キャリブレーションに関しては、さまざまな手法が考えられるが、例えばシステムが提示する複数の場所でユーザにペン2のボタンを押させる。これをもとに、実空間座標系から連絡座標系への変換行列を生成する。また、本実施の形態では、タッチパネル式ディスプレイを用いているため、ユーザが画面上をタップしたときは、磁気センサとタッチパネルの両方から位置情報を得ることができ、実空間座標系から連絡座標系への変換行列を修正することができる。

【0048】仮想空間座標系から連絡座標系に変換するための変換行列は、システム情報(ディスプレイの大きさなど)を用いて生成できるが、本実施の形態では、説明の簡略化のため、以後、仮想空間座標系と連絡座標系とは等しいものとする。

【0049】次に、システムは、ペンに対応付けする道具をユーザが選択すると、道具に対応する知識を道具データベースから取り出す。道具データベースには、オブジェクトの基本的なパラメータ(長さ、太さ等)、道具が3次元仮想オブジェクトと触れたときの動作(例えば、3次元仮想オブジェクトが選択状態になる、オブジェクトが弾き飛ばされる、オブジェクトが選択され回転待ち状態になるなど)や、また、ある3次元仮想オブジェクト選択状態で道具を動かしたときの動作についての情報などが蓄えられている。

【0050】これらは、ユーザがエディットすることに変化する。道具選択後の入力装置の動作は、道具データベースから引き出された知識に従う。動作時には、この知識をもとに、道具の動作と道具のパラメータに対応する動作が参照される。例えば、道具として棒を選択し、棒の側面に仮想オブジェクトが衝突した場合、仮想オブジェクトは棒に押される方向に移動する。

【0051】道具データベースの例を、図5に示す。道具データベースには、道具の種類ごとに、長さ、太さ、側面衝突時の動作、正面衝突時の動作、選択時の動作、...などの情報が格納される。

【0052】次に、道具の長さの設定に移る。道具の長さの設定では、まず長さの設定方法を選択する。ユーザが空間設定方式を選択した場合には、システムは、まず画面上の一点がユーザによってタップされるのを待つ。ユーザが画面上のある一点をタップすると、タッチパネルと磁気センサから得られる位置情報をもとに、タップされた位置の実空間での3次元位置を取得する。続いて実空間上で、ペン2のボタンが押されるのを待つ。ペン2のボタンが押されると、システムは、磁気センサから得られるペン先の位置を取得する。そして、2点の3次元位置をもとに、2点間の距離を算出し、その長さを道具の長さとして設定する。一方、2点タップ方式では、ユーザが画面上の2点をタップした時の平面上の位置情報を

もとに、2点間の距離を算出し、その長さを道具の長さとして設定する。

【0053】道具の選択と道具の長さの設定が終わると、その道具の特徴を生かした操作が可能となる。以下では、道具として棒を選択した場合のシステム動作について説明する。棒を選択して、長さを設定した後、ユーザはペン2を動かすことにより、ペン先から伸びる仮想的な棒を操作する。ペン先の位置とペン2の傾きは絶えず磁気センサによりトラッキングされ、連絡座標系上での位置情報と傾き情報に変換される。

【0054】ペン先の位置を $(a, b, c)$ 、ペン2の傾きを $(\alpha, \beta, \gamma)$ とすると、直線(棒)の式は、次式のようになる。

【0055】

【数1】

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha \\ \cos \beta \\ \cos \gamma \end{pmatrix} t + \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix}$$

【0056】また、棒の長さを $s$ とすると、棒先の位置 $B(a', b', c')$ は、

【0057】

【数2】

$$\begin{pmatrix} a' \\ b' \\ c' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha \\ \cos \beta \\ \cos \gamma \end{pmatrix} s + \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix}$$

【0058】となる。また、直線と画面平面が交わる点 $C(a'', b'', 0)$ は、

【0059】

【数3】

$$t = -\frac{c}{\cos \gamma}$$

【0060】より、

【0061】

【数4】

$$\begin{aligned} a'' &= -\frac{\cos \alpha}{\cos \gamma} c + a \\ b'' &= -\frac{\cos \beta}{\cos \gamma} c + b \end{aligned}$$

【0062】となる。ただし、 $C$ が画面平面上に存在するためには、 $t < s$ 、 $\cos \gamma < 0$ とする。

【0063】棒が、仮想空間内の3次元オブジェクトと接触した場合には、道具データベースで定義されている衝突時の動作に従った動作を行う。3次元オブジェクトに対し棒の先端(正面)が接触した場合には、3次元オブジェクトは選択状態(棒の先にオブジェクトが刺さった状態)となる。一方、3次元オブジェクトが棒の側面と接触した場合には、3次元オブジェクトは棒が押す方向に移動し、ある一定以上のスピードで接触した場合に

は、3次元オブジェクトは弾き飛ぶ。

【0064】図6は、図1に示す処理装置1の処理フローチャートである。まず、ペン先の位置、ペン2の傾きを取得する(S1)。次に、実空間座標系と連結座標系間の座標変換行列71および現在設定されている道具のパラメータ72をもとに、仮想的な道具の位置を計算する(S2)。

【0065】次に、仮想的な道具によって画面内(仮想空間内)に起きるインタラクションを計算する(S3)。例えば、仮想的な道具と仮想空間内のオブジェクトが衝突することで、仮想空間内のオブジェクトが移動する。最後に、計算結果をもとに、仮想空間と仮想的な道具をディスプレイに表示する(S4)。

【0066】基本的な処理は、以上のステップS1～S4の繰り返しとなるが、その他に、キャリブレーション(S5)や、道具変更(S61)、道具パラメータ変更(S62)、入力モード変更(S63)などの設定変更の処理(S6)が加わる。

【0067】システムを立ち上げたときには、仮想空間と実空間とが連結されていない状態である。そこで、キャリブレーションを行い、実空間と仮想空間を結び付ける行列を生成する。多くの3次元位置センサでは、使用しているうちに誤差が発生し、仮想空間と実空間の位置関係にずれが生じるため、ずれた場合には、システム立ち上げ時でなくても、適宜ユーザがキャリブレーションを行う必要がある。

【0068】また、ユーザが道具の変更や選択している道具のパラメータの変更を行いたい場合がある。その場合には、現在の道具パラメータの変更などの処理を行う必要がある。これらの値は、仮想道具位置計算(S2)、画面内動作決定(S3)の処理の際に反映される。

【0069】[実施の形態2]第2の実施の形態として、棒の長さを調節する例を説明する。ユーザインタフェースとして、長さ調節モードを選択することができる機能がある。

【0070】この長さ調節モードでは、ペン2のボタンを押すことにより、道具の長さを調節することができる。ボタンを押すことにより、一定のスピードで道具が伸縮する。これにより、例えば、仮想空間内の3次元空間内のオブジェクトまで道具が届かない場合に、3次元オブジェクトの方向にペン2を向けて、ボタンを押すことで3次元オブジェクトまで道具を伸ばすことができる。

【0071】道具データベースには、長さ調節中に道具が3次元オブジェクトに衝突した時の動作も記述されている。例えば、静止の場合には、道具と仮想空間内の3次元オブジェクトが衝突すると、道具が伸びるのをやめるため、その状態で道具を動かすことにより、3次元オブジェクトまでの距離も把握し易くなる。道具を画面か

ら遠ざけていくと、棒の画面内に表示されている部分が減少していき、最終的に画面から出る(画面内に表示されなくなる)。これにより、現在の道具の長さを実環境内での道具の長さとして認識することが可能となる。

【0072】もちろん、長さ調節モードにおいて、道具の長さをユーザが所望する長さに伸ばすだけでなく、縮めることもできる。

【0073】[実施の形態3]第3の実施の形態として、メタファを利用する例について説明する。

【0074】触れられない、触れたくない物に間接的に触れ、操作する道具として、棒、スプーン、フォーク、箸、その他料理道具(例:フライ返し、おたま)、バット、ラケット、ゴルフクラブ、紐(例:投げ縄、ロープ、釣り糸)、はさみ(例:高枝切り鋏)などが挙げられる。また、触れられるが望む操作が手では難しく、操作を助けるものとして、包丁、ナイフ、カッター、はさみ、その他大工道具(例:ナタ、チョウナ)、工具(例:ドライバー、錐、ペンチ)などを挙げるができる。この他にも、実世界には多くの道具が存在する。

【0075】これらの道具を仮想的な道具として用いることで、ユーザの仮想空間内の3次元オブジェクトの操作、加工を容易にする。上記の道具は、棒タイプと紐タイプ、箸タイプ(複数の棒)に分けることができる。棒タイプの動作は、実施の形態1の動作説明で述べたものと基本的に同じであり、それぞれの道具の機能を実現する。例えば、フォークの場合には、3次元オブジェクトを刺して、選択することができる。また、棒タイプでは、仮想空間内で動かすことができないと定義されている3次元オブジェクトに正面からぶつかった時、そのままさらに押し続けると、棒の長さが変わる場合と、棒がしなることで棒の長さを維持する場合とがある。

【0076】一方、紐タイプは、必ずしもペン先からペン2と平行に道具が伸びていない。例えば、画面内のあるオブジェクトを指定し、ペン先を動かすことで、オブジェクトから紐が伸び、オブジェクトを好きな方向に引っ張ることができる。

【0077】図7は、紐を用いたオブジェクトの操作例を示している。図7では、紐の長さが自由に換えられる状態でオブジェクトAを選択し、ペン2をm1のように動かしペン2を引っ張る方向を決め、紐の長さを固定する。この状態でペン2をm2のように動かすと、ペン2を動かした方向にオブジェクトAを移動させることができる。

【0078】また、回転モード状態でオブジェクトを選択すると、紐がオブジェクトに巻きつき、紐の長さを固定にして引っ張ることでオブジェクトを回転させることができる。紐の巻きつき方は、オブジェクトの選択した位置とペン2の傾きによって異なる。例えば、ペン先を上へ傾けた状態でオブジェクトの下部を指定すると紐が下から上方向に巻きつく。

【0079】また、新たな道具を作成することも可能である。道具の外観をデザインし、道具の特徴を道具データベースに定義することにより、ユーザの使用方法に適した道具を新たに登録できる。ただし、複数の人が利用するような環境では、実環境に存在する道具のメタファを利用し、道具から操作方法が予測できる機能を提供することが望ましい。

【0080】〔実施の形態4〕第4の実施の形態として、ミラーモードについて説明する。

【0081】実環境に存在する道具のメタファを利用することで、道具の操作方法の予測が可能となるが、仮想空間の特徴を生かした機能を追加することで、操作方法の柔軟性を高めることができる。ディスプレイの表面を鏡として捉えることにより、いくつかの入力方式が実現できる。

【0082】前述した実施の形態1の動作方式では、仮想的な棒の長さより遠くにあるオブジェクトには棒が届かず、その都度、棒の長さを変える必要があった。そこで、ディスプレイの表面を鏡として捉えることにより、ポインタの位置を動的に変えることができる。

【0083】図8は、ミラーモードを説明する図である。ミラーモードでは、図8(A)に示すように、ディスプレイの表面を鏡として捉えた操作が行われる。図8(B)にこの鏡メタファを用いた入力方式を示す。

【0084】方式Aでは、通常の鏡のように、ペン2のペン先Aをディスプレイ表面に近づけると、ディスプレイ中に鏡像としての仮想的なペン20を想定した場合のペン先の位置を示すポインタBもディスプレイ表面に近づき、反対にペン先Aをディスプレイ表面から離すと、ポインタBもディスプレイ表面から離れる。つまり、ポインタBはディスプレイ表面を界面とし、ペン先Aと面対称の位置に存在する。連絡座標系でのペン先の位置をA(a, b, c)とすれば、ポインタBの位置は(a, b, -c)となる。

【0085】一方、方式Bはペン2'の傾きを考慮した方式で、通常の鏡とは動作が異なる。方式Bでは、ペン2'の延長線上とディスプレイ表面の接触点C'に関して点対称な位置にポインタB'を持ってきている。この方式Bでは、棒と同じようにペン2'の傾きとポインタB'の位置を同期させつつ、ポインタB'の位置をペン2の移動のみで操作できる。ポインタB'を表示するだけでなく、CとB、C'とB'を結ぶラインを表示することにより、さらに位置関係が容易に把握できるようになると考えられる。

【0086】連絡座標系でのペン先の位置をA'(a', b', c'), C'の位置をC'(a'', b'', 0)とすれば、(C'の位置の求め方は実施の形態1参照)ポインタB'の位置は、(a'' - (a' - a''), b'' - (b' - b''), -c')から、(2a'' - a', 2b'' - b', -c')となる。

【0087】〔実施の形態5〕第5の実施の形態として、モードの切り替えについて説明する。前述した実施の形態3および4において、多くのメタファを用いた操作方法を述べた。これらのメタファの切り替え方法として、画面上のボタンを押すことで切り替える方式が考えられる。利用頻度が高いメタファに関しては、ペン2に付属のボタンをクリックすることで切り替える方式、ペン2に付属のホイールを利用して切り替える方式等が考えられる。

【0088】〔実施の形態6〕第6の実施の形態として、画面外の取り扱いを説明する。画面外の部分も可視にすることにより、棒の長さがわかりやすくなる。そこで、ペン先から可視性の高いレーザ光や指向性の高いライトを発射し、光路が見えるようにするために、タバコの煙等を室内に充満させる。これによって、乱反射が生じ光路が見えることで、ペン先と画面内の棒等との位置関係が明確になり、操作がわかりやすくなる。紐メタファを利用しているときには、自動的にレーザ光の方向を変える必要があるが、屈折率を自動的に変化させるレンズを4枚利用することで実現が可能である。

【0089】〔実施の形態7〕第7の実施の形態として、触覚フィードバック装置を内蔵する例について説明する。

【0090】ペン2に、触覚フィードバック装置を内蔵することで、視覚と触覚を利用した3次元空間の認識が可能となる。例えば、ペン2にバイブレーション機能を内蔵し、3次元空間中のオブジェクトに触れたときに、振動のフィードバックを与えることで、利用者は、オブジェクトに触れたということを実感できる。

【0091】また、ペン2を動かしたときに、動かし方により振動の度合いを変えることにより、現在どのような状態にディスプレイ内部になっているかを伝えることができる。例えば、現実世界では、水中に棒を深く入れるほど、棒を動かしたときに強い圧力を感じる。また、棒ではなくボートのオール状の物を利用すれば同じ深さでも動かしたときの圧力が上がる。このように、モードの種類や入れ具合によって、振動に強弱をつけることで、現在の画面内の深さや状況を触覚的に伝達することができる。音によるフィードバック等も組み合わせることでさらにわかりやすくすることができる。

【0092】〔実施の形態8〕第8の実施の形態として、各種センサを利用する例について説明する。

【0093】例えば、釣りのときには、釣り竿の振り方の強弱で、釣り針の落ちる位置が変化する。例えば、ディスプレイ表面やペン2のペン先に感圧センサをつけることで、ペン2で画面をタップするときの圧力を検出し、それによって棒の長さを変化させる。また、ペン2に加速度センサを内蔵することで、釣り針の落ちる位置を変化させるというようにすることもできる。これらの方式は、精密な作業には適していないが、操作の不確実

性が生まれることから、エンターテイメント等への利用が考えられる。

【0094】[実施の形態9] 第9の実施の形態として、実世界入力の例について説明する。仮想空間内のオブジェクトは、実際の大きさを掴みにくい。そこで、実世界の数値を利用したオブジェクトの作成手法を、図9の例に従って述べる。

【0095】まず、図9(A)に示すように、画面表面を2次元の画板と考え、ペン2を用いて3次元オブジェクトの底面を描画する。次に、図9(B)、(C)に示すように、底面を選択した状態でペン2を画面から離していくことで、底面を押し出す。図9(D)に示すように、希望する高さでペン2のボタンを押すことにより、面の位置を決定する。

【0096】ここで、ペン2を画面から離しながらペン2の傾きを変えることにより、押し出された面の傾きを変えることも可能である。例えば、面の大きさ、形を維持したままペン2の傾きを面の法線ベクトルとする。

【0097】図9の例では、面の傾きは変更になっていないため、平行移動スイープである。面N上の点B(a', b', c')は、

【0098】

【数5】

$$\begin{pmatrix} a' \\ b' \\ c' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & t_x \\ 0 & 1 & 0 & t_y \\ 0 & 0 & 1 & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a'' \\ b'' \\ c'' \\ 0 \end{pmatrix}$$

【0099】で求められる。ここで、 $t_x$ 、 $t_y$ 、 $t_z$ は、x軸、y軸、z軸の移動量であり、

【0100】

【数6】

$$\begin{pmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -(a - a'') \\ -(b - b'') \\ -c \end{pmatrix}$$

【0101】で求められる。

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & a' \\ 0 & 1 & 0 & b' \\ 0 & 0 & 1 & c' \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos(\gamma - \gamma') & -\sin(\gamma - \gamma') & 0 & 0 \\ \sin(\gamma - \gamma') & \cos(\gamma - \gamma') & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos(\beta - \beta') & -\sin(\beta - \beta') & 0 & 0 \\ \sin(\beta - \beta') & \cos(\beta - \beta') & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos(\alpha - \alpha') & 0 & \sin(\alpha - \alpha') & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin(\alpha - \alpha') & 0 & \cos(\alpha - \alpha') & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & -a' \\ 0 & 1 & 0 & -b' \\ 0 & 0 & 1 & -c' \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}$$

【0108】で表すことができる。

【0109】本方式では、数値はすべて実際の数値で入

【0102】同様にして、面N上の点は面M上の点から計算することができる。また、傾きも変更する場合、面Mを指定時のペン2の傾きを( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ )とし、面Nを指定したときのペン2の傾きを( $\alpha'$ ,  $\beta'$ ,  $\gamma'$ )とすると、面Nは、面Mを平行移動し、点Bを通り、点Bを中心として、( $\alpha - \alpha'$ ,  $\beta - \beta'$ ,  $\gamma - \gamma'$ )だけ傾けた面となる。そのためには、点Bが原点となるように、面Nを平行移動し、x軸、y軸、z軸それぞれに対して、回転を行い、点Bが元の位置に戻るよう平行移動する。

【0103】点(x, y, z)をx軸、y軸、z軸に対して角度 $\theta$ だけ回転させる式は、それぞれ、

【0104】

【数7】

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}$$

【0105】

【数8】

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}$$

【0106】で表されるため、傾ける前の面N上の点を(x, y, z)、傾けた後の面N上の点を(x', y', z')とすれば、

【0107】

【数9】

力が可能であるという特徴がある。面だけでなく、辺や頂点を指定した状態でペン2を画面から離していくこと

で、辺、面の大きさや方向を決定することもできる。

【0110】図10に、その様子を示す。まず、図10(A)に示すように、画面上で作成しようとするペン2により3次元オブジェクトの底面を書く。次に、図10(B)に示すように、作成した底面の辺を指定する。図10(C)に示すように、ペン先を画面から離していくことによって、その1辺を対向する辺を固定したまま押し出す。図10(D)に示すように、希望する高さでペン2のボタンを押すことにより、辺の位置を決定する。

【0111】また、画面から離していくときの軌跡に沿ってスワイプさせるという方法も可能である。図11は、底面のスワイプと押し出された面の傾きの変更例である。図11(A)、(B)のように、ペン2で底面を書き、ペン2のボタンを押すことにより底面の中心を指定する。次に、図11(C)のように、ペン先を画面から離していくことにより、底面を押し出し、必要であれば、図11(D)のように、ペン2を傾けることで面を傾ける。このようにペン2を動かすことにより、画面から離していくときの軌跡に沿ってスワイプさせ、図11(E)のように、形状が決まったところでボタンを押す。これにより底面の軌跡によって得られる3次元オブジェクトの形状を決定する。ここでスワイプとは、2次元図形が3次元空間内で動いた軌跡が占める領域を3次元の形状とすることをいう。

【0112】なお、図9ないし図11に示す操作において、ペン2のボタンを押した状態でペン2を動かしている間をスワイプ区間とし、ボタンを離したときに形状を決定するようにしてもよい。

【0113】本手法では、実施の形態4で説明した2種類のミラーモードと組み合わせることで理解が容易になる。実空間上でのペン2の移動の軌跡は、可視化されないため、画面内に軌跡と軌跡によって得られる仮想3次元オブジェクトが絶えず表示される。ユーザは画面内の軌跡や仮想3次元オブジェクトを見ながら、修正を行い、最終的に決まった位置でボタンを押すことにより、形状を決定することができる。

【0114】ペン2の軌跡を利用したスワイプの場合、手ぶれ等により、思ったようにペン2の軌跡が描けず、期待した立体が作成できない場合がある。そこで、傾きを利用しないモード、最終的なペン2の位置に対して平行スワイプするモードなどのように、モードを切り替えることで対応する。

【0115】また、手ぶれによる傾きの変化に対しては、例えば、取得した傾きの平均を用いることで、ある程度誤差を修正できる。また、誤差が入ったペン2の軌跡から、幾何曲線プリミティブを抽出する手法として、例えば下記の参考文献11、12、13には、FSCIという手法が提案されており、これらの手法を用いることで、誤差が入ったペン2の軌跡からスムーズな幾何曲線を抽出することが可能である。

【参考文献11】佐賀聡人、牧野宏美、佐々木淳一：手書き曲線モデルの一構成法—ファジィスプライン補間法—，電子情報通信学会論文誌D—II，Vol. 77, No. 8, pp1610-1619, 1994.

【参考文献12】佐賀聡人、佐々木淳一：ファジィスプライン曲線同定法を用いた手書きCAD図形入力インタフェースの試作，情報処理学会論文誌，Vol. 36, No. 2, pp338-350, 1995.

【参考文献13】佐藤洋一，佐賀聡人：逐次型ファジィスプライン曲線生成法，情報処理学会研究報告，2000-HI-90, pp1-8, 2000.

【実施の形態10】第10の実施の形態として、仮想空間モデルの構成例について説明する。仮想空間内に詳細な物理モデルやその他のモデルを用いた場合には、道具データベースの項目も異なる。例えば、棒と3次元オブジェクトが側面から衝突したときの処理を詳細な物理法則に基づいて行いたい場合には、反発係数や、摩擦係数の項目等も必要となる。また、道具データベースだけでなく、3次元オブジェクトのパラメータ（質量など）を管理するオブジェクトデータベースも必要となる。

【0116】【実施の形態11】第11の実施の形態として、3次元位置センサの簡易的な実現例について説明する。

【0117】現在のタブレットは、タブレットから離れた状態ではペンの位置を検出することはできないが（方式によっては近距離なら可能）、電磁授受方式のタブレットでは、ペン先をタブレットに付けた状態でペンの位置だけでなく筆圧や傾きを検出することが可能である

【参考文献14、15】。

【参考文献14】 <http://tablet.wacom.co.jp/>

【参考文献15】 暦本純一，Eduardo Sciammarella: ToolStone：多様な物理的操作を可能にする入力デバイス，インタラクティブシステムとソフトウェアVIII，近代科学社，pp7-12, 2000.

そのため、簡易的な実現が可能である。例えば、棒メタファを利用する際には、画面上の2点を指定して棒の長さを決める。そして、ペンを画面につけた状態で、ペンを移動したり動かしたりすることで、画面内の奥行きを把握しオブジェクトの移動等を実現することが可能となる。また、ペンの傾きが検出できることにより、3次元的操作が可能となるため、仮想的な道具を表示しない場合でも3次元空間の操作はやりやすくなる。例えば、マウスを用いた仮想空間内の3次元オブジェクトの操作では、回転操作をする際に、どの軸に対する回転なのか非常に判りにくかった。しかし、ペンの傾きの方向に仮想空間内の3次元オブジェクトを回転をさせることで、わかりやすくなる。

【0118】【実施の形態12】第12の実施の形態として、本手法を適応可能な3次元仮想空間の例について説明する。

【0119】本手法を適応する3次元仮想空間として、さまざまな3次元仮想空間が考えられる。例えば、デジタルシティやバーチャルモールなどで、車や家を把握するために利用したり、3次元インフォメーションビジュアライゼーションや3次元サイエンティフィックビジュアライゼーションの理解や操作にも利用することができる。また、現在のデスクトップ型GUIを3次元方向に拡張する研究が行われているが、それらの操作インタフェースとしても利用が可能である。

【0120】以上説明した実施の形態において、3次元位置を検出するためのペン2、磁界発生源4およびその入出カインタフェース以外については、通常のパーソナルコンピュータおよびソフトウェアプログラム等によって実現することができ、そのソフトウェアプログラムは、コンピュータが読み取り可能な可搬媒体メモリ、半導体メモリ、ハードディスク等の適当な記録媒体に格納することができる。

#### 【0121】

【実施例】図12に、本発明を実施する場合のプログラムのモジュール構成の例を示す。処理装置1のプログラムモジュールは、例えば位置センサ制御部20、表示制御部21、ユーザインタフェース部22、パラメータ管理部23、データベース管理部24、位置管理部25、空間管理部26、描画処理部27などからなる。

【0122】位置センサ制御部20は、ペン2からの入力を制御する。表示制御部21は、ディスプレイ3への表示制御を行う。ユーザインタフェース部22は、キャリブレーションや、道具や、道具パラメータの変更などをユーザと対話的に行うためのユーザインタフェースを提供する。

【0123】パラメータ管理部23は、座標変換行列や現在選択されている道具、道具のパラメータなどを管理している。データベース管理部24では、道具パラメータなどの管理を行っており、パラメータ管理部23から送られてくる道具に対応するパラメータの参照などの要求を処理する。

【0124】位置管理部25では、位置センサ制御部20から実空間座標系内でのペン2の位置を取得し、パラメータ管理部23で管理されている座標変換行列をもとに、連結座標系（仮想空間座標系）内でのペン先の位置を計算し、また、道具パラメータをもとに、連結座標系内に仮想道具を作成する。

【0125】空間管理部26では、仮想空間内の特性（オブジェクトなど）の管理を行っている。現在の仮想道具の位置を位置管理部25から取得し、道具パラメータと仮想空間内の特性をもとに仮想空間の変化（道具とオブジェクトとの衝突によるオブジェクトの移動など）を計算する。

【0126】描画処理部27では、空間管理部26で計算された空間データをもとに、仮想道具と仮想空間をデ

ィスプレイに描画する。もちろん、本発明の実施は、このようなモジュール構成に限られるわけではなく、これ以外にも種々のプログラム構成による実現が可能であることは言うまでもない。

#### 【0127】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、ユーザはディスプレイに2次元表示された3次元情報を有するオブジェクトの選択や操作を容易に行うことができるようになる。特に、画面内の仮想的な3次元空間の奥行きを容易に把握することが可能になる。また、コンピュータで扱う3次元オブジェクトを作成する場合に、従来の3面図等を用いた場合よりも、ユーザのスキルに依存せずに、簡易でかつ直感的な操作により作成することができるようになる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】実施の形態1に係る装置の構成例を示す図である。

【図2】実施の形態1の装置の動作の流れを示す図である。

【図3】実施の形態1の装置の動作原理を示す図である。

【図4】実施の形態1の連絡座標系の説明図である。

【図5】実施の形態1の道具データベースの例を示す図である。

【図6】実施の形態1の処理フローチャートである。

【図7】実施の形態3の紐を用いたオブジェクトの操作を示す図である。

【図8】実施の形態4のミラーモードを説明する図である。

【図9】実施の形態9の実際の数値による入力方式（底面）の例を示す図である。

【図10】実施の形態9の実際の数値による入力方式（辺）の例を示す図である。

【図11】実施の形態9の実際の数値による入力方式（ペンによるスweep）を示す図である。

【図12】本発明を実施する場合のプログラムのモジュール構成の例を示す図である。

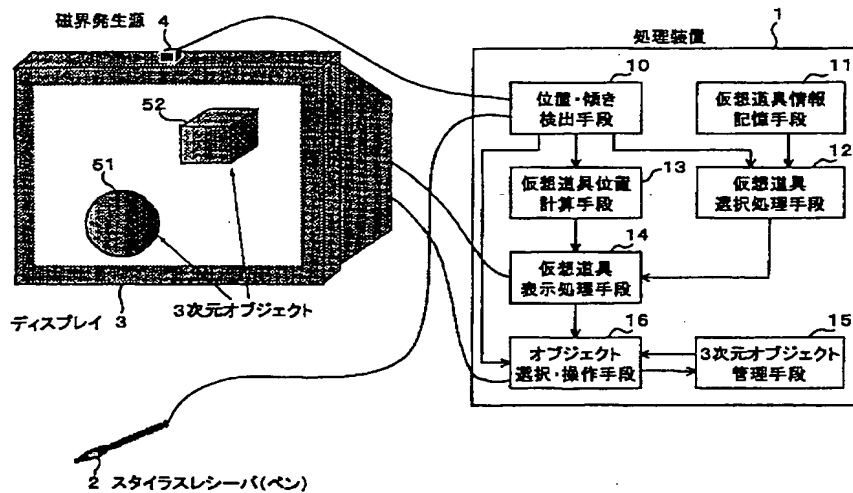
#### 【符号の説明】

- 1 処理装置
- 2 スタイラスレシーバ（ペン）
- 3 ディスプレイ
- 4 磁界発生源
- 10 位置・傾き検出手段
- 11 仮想道具情報記憶手段
- 12 仮想道具選択処理手段
- 13 仮想道具位置計算手段
- 14 仮想道具表示処理手段
- 15 3次元オブジェクト管理手段
- 16 オブジェクト選択・操作手段
- 20 位置センサ制御部

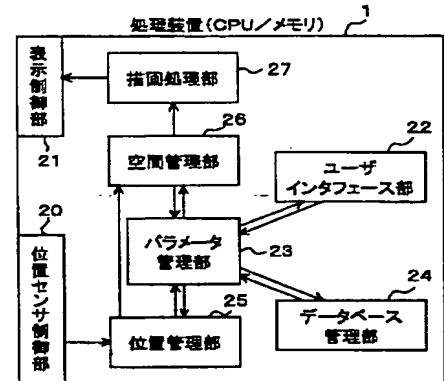
- 21 表示制御部  
22 ユーザインタフェース部  
23 パラメータ管理部  
24 データベース管理部

- 25 位置管理部  
26 空間管理部  
27 描画処理部  
51, 52 3次元オブジェクト

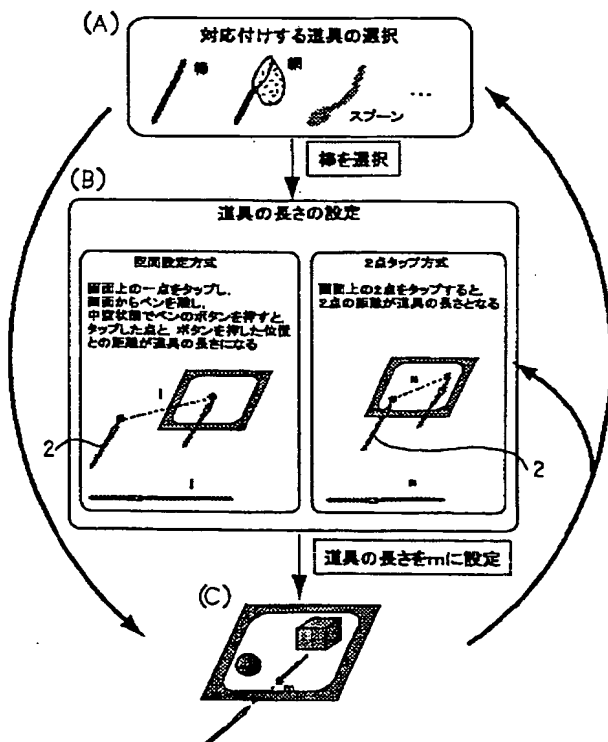
【図1】



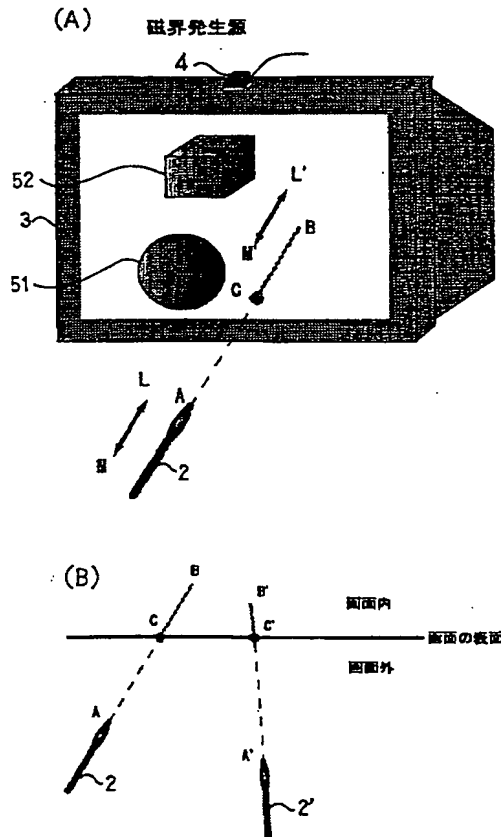
【図12】



【図2】



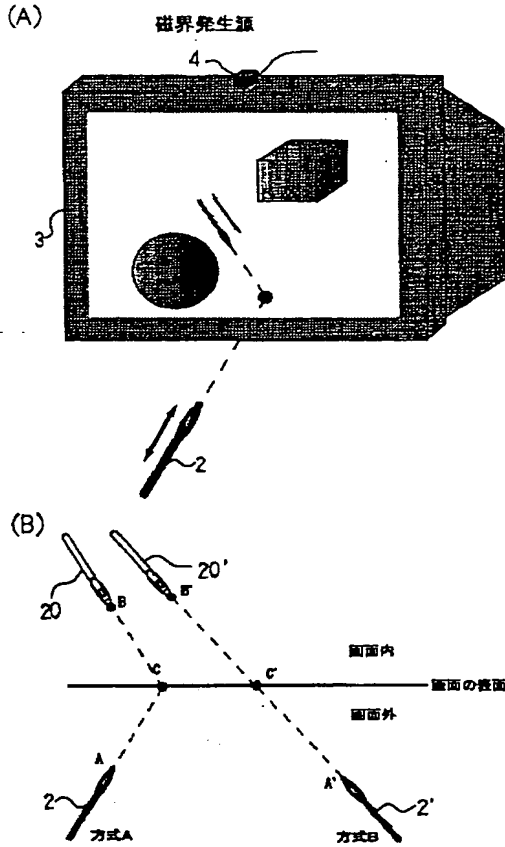
【図3】



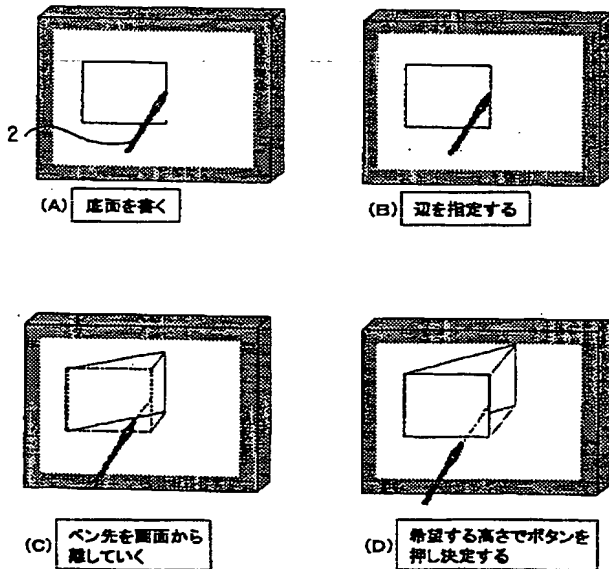




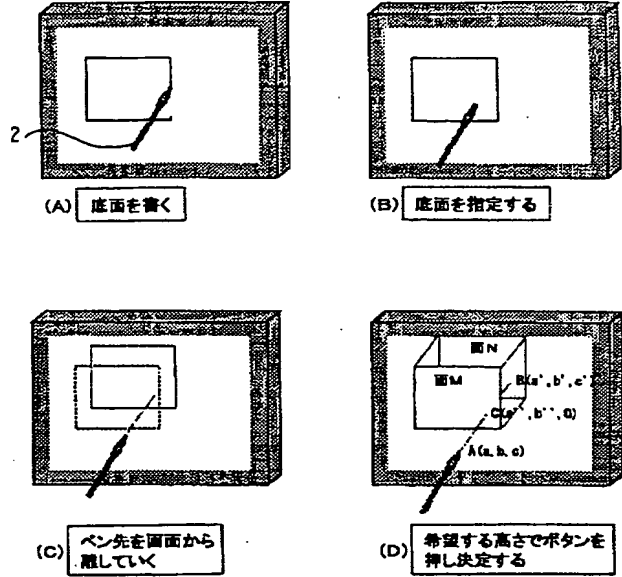
【図8】



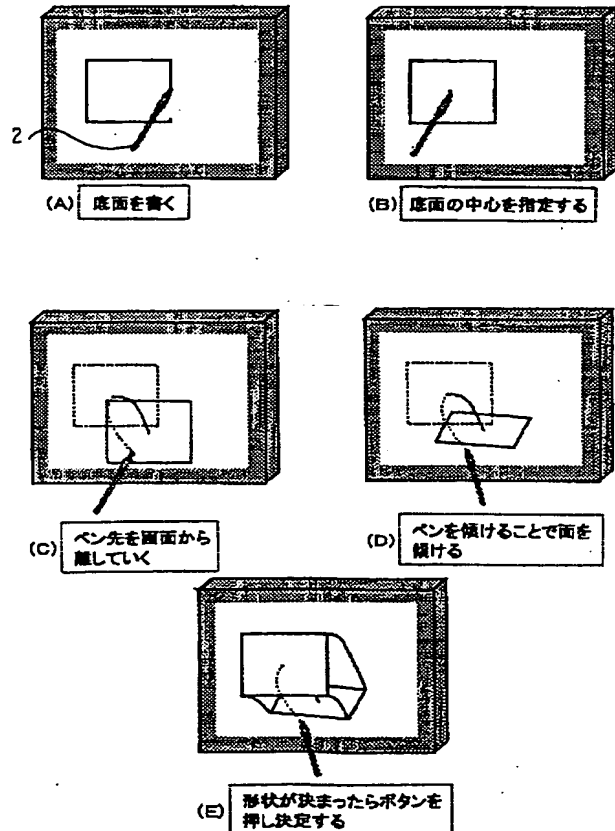
【図10】



【図9】



【図11】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5B050 BA06 BA07 BA09 BA18 CA07  
EA26 FA02  
5B087 AA07 AB12 BC03 BC12 BC13  
BC26 BC34 DD03 DE03  
5E501 AA30 AC37 BA14 CA03 CB20  
EA01 FA14 FA27 FA36